10.22092/sppi.2020.123499

"مجله نهال و بذر"
جلد ۳۶، شماره ۳، سال ۱۳۹۹

مقاله پژوهشی

اثر رژیم آبیاری و کود فسفر بر خصوصیات رشدی و عملکرد دانه و علوفه دو اکوتیپ خلر (*Lathyrus sativus* L.)

Effect of Irrigation Regime and Phosphorus Fertilizer on Growth Characteristics and Seed Yield and Forage Yield of Tow Grasspea (*Lathyrus sativus* L.) Ecotypes

علیرضا بهرام نژاد[۱]، حسین حیدری شریف آباد[۲] و حمید مدنی[۳]

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد جیرفت، جیرفت، ایران.
۲- استاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۳- دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، اراک، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۲۲

چکیده

بهرام نژاد، ع. ر.، حیدری شریف آباد، ح. و مدنی، ح. ۱۳۹۹ اثر رژیم آبیاری و کود فسفر بر خصوصیات رشدی و عملکرد دانه و علوفه دو اکوتیپ خلر (*Lathyrus sativus* L.). **مجله نهال و بذر ۳۶:** ۳۷۵-۳۵۷.

به دلیل اهمیت کشت خلر به عنوان گیاهی فراموش شده و با هدف انجام کشاورزی پایدار، پژوهش مزرعه‌ای به صورت اسپیلت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری (۵۰، ۷۵، ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و سطوح مختلف کود سوپر فسفات تریپل (صفر،۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) و دو اکوتیپ خلر (لاله‌زار و شهرکرد) در منطقه لاله‌زار استان کرمان در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ اجرا شد. نتایج نشان داد که تنش خشکی (۵۰ درصد تبخیر از تشتک کلاس A) موجب کاهش معنی‌دار تعداد نیام در مترمربع، ارتفاع بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک خلر شد و کود فسفردار موجب افزایش رشد و عملکرد آن گردید. به‌طور کلی، بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک به ترتیب با ۲۴۰۱ و ۵۶۱۲ کیلوگرم در هکتار و همچنین بالاترین بهره‌وری مصرف فسفر به میزان ۳۹/۹۸ کیلوگرم محصول به ازای هر کیلوگرم مصرف کود فسفردار از اکوتیپ شهرکرد در تیمار آبیاری پس از ۷۵ درصد تبخیر از تشتک کلاس A و با مصرف ۶۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار به دست آمد. بنابراین کشت خلر اکوتیپ شهرکرد در این منطقه می‌تواند از نظر صرفه‌جویی در مصرف آب و مدیریت در مصرف کود فسفردار بر اکوتیپ لاله‌زار برتری داشته باشد.

کلمات کلیدی: خلر، اجزای عملکرد، بهره‌وری مصرف فسفر، اکوتیپ، ارتفاع بوته، عملکرد دانه.

نگارنده مسئول: alireza_bahramnejad@yahoo.com تلفن: ۰۳۴۴۳۲۶۲۹۰۰

مقدمه

خلر یا سنگنک (*Lathyrus sativus* L.) گیاهی است یک ساله از خانواده بقولات، دولپه‌ای، پاییزه و بهاره، بومی آسیای جنوب غربی که در شرایط نامناسب به خوبی رشد و نمو می‌نماید. با توجه به کوتاه بودن طول دوره رشد و نمو و امکان کشت ارقام خلر در زمان‌های مختلف، می‌توان آنها را بعد از برداشت گندم، جو و کلزا در شمال غرب کشور و استان‌های مرکزی جهت کشت دوم (کشت تابستانه) و تولید علوفه و کود سبز مورد استفاده قرار داد (Esmaeilian, 2012).

خلر علی رغم داشتن پتانسیل عملکرد بالا گیاهی کم‌توقع محسوب می‌شود، به‌طوری‌که در طول چرخه رشد به مراقبت بسیار کمی احتیاج دارد. خلر به کود کمی نیاز داشته به‌طوری‌که هزینه تولید آن در مقایسه با محصولات غذایی دیگر کمتر است (Campbell, 1997). از خلر می‌توان به عنوان یک منبع پروتئین در تغذیه نشخوارکنندگان و طیور استفاده نمود و علوفه خشک، علوفه سبز و کاه آن را به مصرف خوراک گاو و گوسفند رساند. بره‌های تغذیه شده با خلر افزایش وزنی تا حدود ۱۰۰ تا ۱۳۰ گرم در روز داشتند، و با جایگزینی دانه خلر بجای سویا در جیره بره‌ها، مصرف خوراک و ضرایب هضم مواد مغذی نیز افزایش می یابد (Duck, 1981).

خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی است که ۴۰ تا ۶۰ درصد اراضی کشاورزی جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Barber,1995). بعضی از خصوصیات فیزیولوژیکی و زراعی گیاهان در تحمل به خشکی آن‌ها نقش دارد و از این خصوصیات در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی استفاده می‌شود (Fathi and Tari, 2016). بیشترین اهمیت خلر مربوط به مقاومت فوق‌العاده این گیاه نسبت به شرایط سخت محیطی از جمله خشکسالی، غرقابی، حاصلخیزی کم خاک و مقاومت به آفات و بیماری‌های گیاهی می‌باشد که سبب شده است تا تولید و کشت آن از نظر اقتصادی به صرفه باشد (Choudhary *et al.,* 2016; Boukecha *et al.,* 2018; Nandini Devi *et al.*, 2018).

مشکلات اقتصادی ناشی از افزایش رو به رشد هزینه کودهای شیمیایی از یک سو و مسائل زیست محیطی مرتبط با مصرف غیر اصولی این کودها از سوی دیگر تفکر استفاده از شیوه‌های زیست تثبیت عناصر برای تقویت رشد گیاهان را افزایش داده است (Amoaghaei *et al.,*2003). از طرفی کاهش عناصر غذایی در خاک‌های زراعی دنیا به علت زراعت‌های متوالی و بی‌رویه، استفاده از کود را ضروری نموده است (Taheri Oshtrinani and Fathi, 2016).

در بسیاری از نظام‌های کشاورزی، کمبود فسفر پس از نیتروژن به عنوان یکی از اساسی‌ترین عوامل در کاهش

تولید محصولات زراعی مطرح شده است (Mosali *et al.,* 2006). مطالعات بلندمدت اثبات کرده است که استفاده مفرط از کودهای شیمیایی عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد. این کاهش عملکرد نتیجه اسیدی شدن خاک، کاهش فعالیت بیولوژیک خاک، کاهش خصوصیات فیزیکی خاک، عدم وجود عناصر غذایی کم‌مصرف در کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم است (Sabahi, 2006).

هدف از انجام این پژوهش بررسی ویژگی‌های زراعی و مقایسه عملکرد در اکوتیپ بومی خلر شهرکردی و لاله‌زاری در شرایط محدودیت آب آبیاری و تعیین مقدار مناسب کود فسفر در منطقه لاله‌زار استان کرمان که به عنوان یکی از مراکز مهم تولید خلر کشور است، بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در اراضی زراعی منطقه لاله‌زار استان کرمان (عرض جغرافیایی '۲۹ °۲۹ شمالی و طول جغرافیایی ´۴۲ °۵۶ شرقی و با ارتفاع ۳۰۰۰ متر از سطح دریا) اجرا شد. منطقه موردنظر دارای آب‌وهوای سرد و کوهستانی است که میانگین بارندگی سالانه آن ۲۱۳/۶ میلی‌متر با بیشینه دمای سالانه ۳۲ درجه سانتیگراد و کمینه دمای سالانه ۲۱- درجه سانتیگراد می‌باشد. خلاصه وضعیت آب‌وهوایی محل انجام آزمایش طی مدت آزمایش مزرعه‌ای در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت منطقه لاله‌زار در فصل زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸

Table 1. Average of precipitation and temperature in Lalehzar region in 2018 and 2019 growing seasons

		2018					2019				
		اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
Month	ماه	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.
Percipitatin (mm)	بارندگی (میلمتر)	60	9.9	0.0	0.0	0.0	18.0	1.1	0.0	0.0	1.0
Temperature (◦C)	دما (سانتیگراد)	8.7	11.1	17.9	19.2	19.0	10.2	15.9	20.5	18.8	16.9

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف رژیم آبیاری و میزان کود فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد دو اکوتیپ خلر، این پژوهش به صورت اسپیلت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عملیات کشت در نهم اردیبهشت سال ۱۳۹۷ و ۲۷ اردیبهشت سال ۱۳۹۸ انجام شد. ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۲ و تجزیه شیمیایی آب آبیاری در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۲ - ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2. Soil physical and chemical properties of experimental site

Soil parameter	ویژگی خاک	Growsing season فصل زراعی 2018		2019	
Texture	بافت خاک	شنی لومی Sandy loam	شنی لومی Sandy loam	شنی لومی Sandy loam	شنی لومی Sandy loam
Depth (cm)	عمق (سانتیمتر)	0 – 30 cm	30 – 60 cm	0 –30 cm	30 – 60 cm
Sand	شن	74.0	72.0	75.0	73.0
Silt	سیلت	12.0	12.0	13.0	13.0
Clay	رس	14.0	16.0	12.0	14.0
Acidity (pH)	اسیدیته	7.8	7.7	8.0	7.90
Organic carbon (%)	درصد کربن آلی	0.87	0.70	0.97	0.94
EC (dS m^{-1})	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	0.49	0.40	0.57	0.50
$P_{ava.}$ (mg kg^{-1})	فسفر قابل جذب (میلیگرم بر کیلوگرم)	8.0	3.9	8.0	4.00
$K_{ava.}$ (mg kg^{-1})	پتاسیم (میلیگرم بر کیلوگرم)	272.0	196.0	230.0	180.0
Fe (mg kg^{-1})	آهن (میلیگرم بر کیلوگرم)	4.32	3.39	4.0	3.10
Mn (mg kg^{-1})	منگنز (میلیگرم بر کیلوگرم)	5.6	4.5	5.1	4.20
Zn (mg kg^{-1})	روی (میلیگرم بر کیلوگرم)	3.1	2.1	3.0	2.00
Cu (mg kg^{-1})	مس (میلیگرم بر کیلوگرم)	1.1	0.9	1.0	0.80

جدول ۳- ویژگی شیمیایی آب آبیاری

Table 3. Chemical properties of irrigation water

فصل زراعی Growing season	هدایت الکتریکی (میکروموز بر سانتیمتر) EC (µmohcm^{-1})	pH	Cl^-	$Ca^{+2} + Mg^{+2}$ میلی اکی‌والان در لیتر (meq l^{-1})	Na^+	SAR	Water class	کلاس آب
2018	400	7.1	1.1	2.3	2.15	2.01	C_2S_1	شوری قلیایی متوسط
2019	390	7.1	1	2.1	2	1.95	C_2S_1	شوری قلیایی متوسط

کاشت به‌صورت کرتی-ردیفی در کرت های به ابعاد ۲×۲ متر، فاصله بین ردیف‌ها ۲۵ سانتیمتر، فاصله بذرها روی ردیف پنج سانتیمتر، فاصله بین کرت‌ها ۴۰ سانتیمتر و فاصله بین تکرارها دو متر بود. میزان کود مصرفی بر اساس آزمون خاک ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره و ۷۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم هنگام شخم و کود سوپر فسفات تریپل بر اساس تیمارهای کودی تعریف شده اعمال شد. تعداد بوته در هر کرت پس از سبز شدن بوته‌ها با عملیات تنک به تراکم ۸۰۰۰۰۰ بوته در هکتار رسید. روش آبیاری به‌صورت غرقابی و تیمارهای آبیاری با استفاده از کنتور در سه میزان آب بر اساس (۵۰، ۷۵، ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) مطابق (جدول ۴) به عنوان کرت اصلی و سه سطح کود فسفردار از منبع کود سوپر فسفات تریپل (صفر، ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) و دو نوع اکوتیپ خلر (اکوتیپ لاله‌زار و شهرکرد) به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی بصورت تصادفی

جدول ۴- حجم آب آبیاری برای رژیم های مختلف آبیاری

Table 4. Volume of irrigation water for different irrigation regimes

فصل زراعی Growing season	۵۰ درصد تبخیراز تشتک تبخیر کلاس A (متر مکعب در هکتار) 50% evaporation of class A evaporation pan ($m^3\ ha^{-1}$)	۷۵ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (متر مکعب در هکتار) 75% evaporation of class A evaporation pan ($m^3\ ha^{-1}$)	۱۰۰ درصدتبخیر از تشتک کلاس A (متر مکعب در هکتار) 100% evaporation of class A evaporation pan ($m^3\ ha^{-1}$)
2018	2405.0	3608.0	4811.0
2019	2093.0	3140.0	4187.5

قرار گرفتند. اعمال سطوح تیمارهای مختلف آبیاری پس از سبز شدن بوته‌ها و در مرحله شش برگی به بعد انجام شد. زمان آبیاری با توجه به ظرفیت نگهداری آب در خاک به‌طوری‌که به گیاه تنش وارد نشود دور آبیاری هفت روز به دست آمد و میزان آب در هر دور آبیاری با استفاده از

$$(ET_0 = K_{pan} \times E_{pan}) \qquad \text{رابطه ۱}$$

ایرماک (Irmak *et al.,* 2002) محاسبه شد. در رابطه فوق ET_0 تبخیر و تعرق پتانسیل، K_{pan} ضریب تشتک تبخیر و E_{pan} میزان تبخیر از تشت تبخیر است.

برای تعیین ضریب تبخیر و تعرق از روش موسوی و اخوان (Mosavi and Akhavan, 2007) استفاده گردید. (با استفاده از میزان تبخیر تجمعی هفت روزه و ضریب ۷۵ درصد تشت تبخیر و ضرایب تیمارها حجم آب در هر نوبت آبیاری محاسبه شد).

تعداد کل دفعات آبیاری ۱۳ نوبت بود. مراقبت‌های زراعی برای کلیه تیمارها به‌صورت یکسان انجام شد. برداشت در سال اول در تاریخ ۱۱ مرداد و در سال دوم در تاریخ پنج شهریور بعد از اینکه رنگ بیش از ۶۰ درصد غلاف‌ها به زردی متمایل شد انجام گردید. در یک کادر یک مترمربعی تعداد پنجه در بوته، تعداد نیام در مترمربع، تعداد دانه در نیام، ارتفاع بوته اندازه‌گیری شد. رطوبت دانه در این زمان حدود ۳۵ درصد بود که با قرار دادن در آون به حدود ۲۰ درصد رسید (Esmaeilian, 2019). پس از برداشت وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد کل علوفه خشک در سطح دو مترمربع توزین شد و بهره‌وری کود فسفر بر اساس:

$$\left(PFPp = \frac{Yp}{Fp}\right) \qquad \text{رابطه ۲}$$

(Dobermann, 2005; Kumar *et al.,*2015)

محاسبه گردید. در رابطه فوق PFPp بهره‌وری فسفر، Ypعملکرد دانه حاصل از تیمار کودی، Fp میزان کود دریافتی بر حسب کیلوگرم در هکتار می‌باشد.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2013 استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر رژیم آبیاری، کود فسفر و اکوتیپ بر تعداد پنجه در بوته در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین تعداد پنجه در بوته با ۷/۲ عدد از تیمارهای آبیاری به میزان ۵۰ و ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به دست آمد (بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر) و کمترین تعداد پنجه در بوته با ۶/۸ عدد از تیمار آبیاری به میزان ۷۵ درصد تبخیر به دست آمد (جدول ۶).

گوپتا و همکاران (Gupta *et al.,* 1995) در یک آزمایش گلخانه‌ای واکنش نخود نسبت به تنش خشکی مشاهده کردند در تیمارهای تحت تنش تعداد برگچه‌های هر برگ افزایش یافت. ولی سطح برگ در بوته کاهش یافت، همچنین افزایش خشکی، باعث کاهش ارتفاع، کاهش سطح برگ، کاهش وزن خشک اما باعث افزایش تعداد برگچه‌ها و افزایش تعداد شاخه‌های فرعی (پنجه‌زنی) شد که با نتایج تعداد پنجه در بوته در این پژوهش در تیمار آبیاری به میزان ۵۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر همخوانی دارد. عکس این حالت در تیمار آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر مشاهده شد که باعث افزایش رشد رویشی و بیشتر شدن تعداد پنجه گیاه خلر گردید که و با نتایج رستگاری و همکاران (Rastegari *et al.,* 2017) همخوانی دارد. زیرا در این شرایط رشد خلر به‌صورت نامحدود درمی‌آید. با توجه به نتایج و مشاهدات این آزمایش در تیمارآبیاری به میزان ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر، باعث شد گیاه خلر رشد رویشی بیشتر داشته باشد و برای رفتن به دانه تنش آبی ملایم لازم مناسب تر است.

مقایسه میانگین ها نشان داد بیشترین تعداد پنجه از تیمارهای کودی ۶۰ کیلوگرم در هکتار با تعداد ۷/۴ پنجه در بوته و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار با تعداد ۷/۳ پنجه در بوته حاصل شد و کمترین تعداد پنجه در بوته مربوط به شاهد با تعداد ۶/۶ پنجه بود (جدول ۶). سرکار و همکاران (Sarkar *et al.*, 2017) در پژوهشی اثر کود فسفر و رژیم‌های آبیاری بر عملکرد باقلا را بررسی و گزارش کردند افزایش فسفر باعث افزایش تعداد شاخه‌ها شد که با مصرف ۷۵ کیلوگرم کود فسفر تعداد شاخه‌ها از ۴ به ۸ نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت. نتایج ناندینی و همکاران (Nandini *et al.,* 2018) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند، زیرا این محققین نشان دادند که با مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر تعداد شاخه‌ها در گیاه خلر از ۵/۹ به ۱۰/۶ پنجه در بوته نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت.

دو اکوتیپ آزمایشی لاله‌زار و شهرکرد از نظر تعداد پنجه در بوته تفاوت معنی‌دار داشتند. بیشترین تعداد پنجه در اکوتیپ شهرکرد و کمترین تعداد پنجه از اکوتیپ لاله‌زار ثبت شد (جدول ۶). بر اساس نتایج حق‌پرست و

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب برای برخی خصوصیات زراعی، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک دو اکوتیپ خلر

Table 5. Combined analysis of variance for some agronomic characterisics, seed yield and biological yield of grasspea ecotypes

			Mean Square میانگین مربعات							
S.O.V.	منبع تغییر	درجه آزادی df	تعداد پنجه در بوته Tiller no. plant^{-1}	تعداد نیام در مترمربع Pod no. m^{-2}	تعداد نیام دربوته Pod no. plant^{-1}	تعداد دانه در نیام Seed no. pod^{-1}	ارتفاع بوته Plant height	وزن هزار دانه 1000 seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	بهره‌وری مصرف فسفر PFPp
Year (Y)	سال	1	0.630	481.503	0.359	0.013	8.841	4.481	1270.30	11201.70	0.008
Error 1	خطای ۱	4	0.636	600.336	600.336	0.005	4.823	53.880	39065.90	68664.20	4.119
Irrigation (I)	آبیاری	2	2.182*	3300306.900**	78.128**	0.090	4837.600**	119.528	17716342.70**	108476754.80**	1648.114**
Y × I	سال × آبیاری	2	0.026	60.068	0.017	0.001	8.091	60.176	26717.40**	117302.58	0.520
Error	خطا	8	0.327	2065.645	0.382	0.243	4.433	42.407	45638.90	196772.10	2.849
Phosphorus (P)	فسفر	2	6.701**	477793.700**	140.429**	4.038**	315.670**	65.861	3678576.00**	13425030.20**	6345.735**
Y × P	سال × فسفر	2	0.853	10.348	0.310	0.003	0.003	11.398	4417.80	15271.08	0.027
I × P	آبیاری × فسفر	4	0.135	52546.400**	1.308*	0.054	6.120	47.639	476212.80**	1740148.90**	547.059**
Y × I × P	سال × آبیاری × فسفر	4	0.129	1.111	0.130	0.001	0.051	55.593	13710.80	32358.80	0.524
Ecotype (E)	اکوتیپ	1	43.828**	655699.000**	148.052**	1.517**	407.940**	32586.800**	32157.40	2100396.00**	61.201**
Y × E	سال ×اکوتیپ	1	0.009	4.984	0.001	0.001	0.027	65.333	1047.82	16165.14**	0.078
I × E	آبیاری ×اکوتیپ	2	0.0001	104933.600**	12.175**	0.027	18.181	35.287	8186.41	846479.70**	6.754*
Y × I × E	سال × آبیاری ×اکوتیپ	2	0.012	1.918	0.023	0.001	0.032	93.528	52910.99	247401.57**	1.517
P × E	فسفر ×اکوتیپ	2	2.111	252946.600**	72.218**	0.824**	115.360**	55.287	2373743.90**	9292066.50**	382.981**
Y × P × E	سال × فسفر ×اکوتیپ	2	0.183	4.633	0.001	0.003	0.014	85.194	22756.04	76431.25	0.875**
E× P × I	آبیاری × فسفر ×اکوتیپ	4	0.165	21959.100**	3.588**	0.037	12.708	13.343	153664.70**	1039161.61**	27.446**
Y × I × P × E	سال× آبیاری × فسفر× اکوتیپ	4	0.059	0.889	0.034	0.003	0.053	20.889	31148.77	146565.00	1.372
Error 2	خطای ۲	60	0.942	1221.970	0.369	0.081	10.428	57.187	19857.50	89632.93	1.360
C.V. (%)	درصد ضریب تغییرات	-	13.570	6.590	6.710	8.050	8.780	7.310	10.04	9.37	8.820

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

*و** : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

PFPp: partial factor productivity of applied–P

PFPp: کارایی بهره‌وری فسفر

همکاران (Haghparast *et al.,* 2013) بین ارقام نخود تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد شاخه‌های فرعی وجود داشت به‌گونه‌ای که بیشترین تعداد شاخه فرعی به رقم هاشم و پس از آن ارقام محلی و ILC482 قرار داشتند. در نتایج این پژوهش نیز مشاهده شد تعداد شاخه‌های فرعی (پنجه‌زنی) در گیاه خلر بستگی به عوامل محیطی از جمله تنش خشکی و عوامل ژنتیکی (اکوتیپ) بستگی داشت.

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری، کود فسفر، اکوتیپ و برهمکنش آنها بر تعداد نیام در مترمربع در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین ها نشان داد بیشترین تعداد نیام به ترتیب با ۷۱۰/۷ عدد و ۶۹۹/۷ نیام در تیمارهای آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد و ۷۵ درصد تبخیر از تشتک تبخیر و کمترین تعداد نیام با ۱۸۰/۸ در تیمار آبیاری به میزان ۵۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر به دست آمد که بین تیمار آبیاری ۵۰ درصد تبخیر با تیمارهای آبیاری به میزان ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۶).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر سطوح رژیم آبیاری و کود فسفر بر اجزای عملکرد دو اکوتیپ خلر

Table 6. Mean comparison of effects of irrigation regimes and different phosphorous fertilizer levels on yield components of two grasspea ecotypes

سطح تیمار Treatment level	تعداد پنجه در بوته Tiller no. plan^{-1}	تعداد نیام در مترمربع Pod no. m^{-2}	تعداد نیام در بوته Pod no. plant^{-1}	تعداد دانه در نیام Seed no. pod^{-1}	ارتفاع بوته (سانتیمتر) Plant height (cm)	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seed weight (g)
			Irrigation آبیاری			
$IR_{50\%}$	7.2a	180.8b	7.3b	3.55a	23.93c	102a
$IR_{75\%}$	6.8b	699.7a	9.8a	3.49a	39.95b	102.9a
$IR_{100\%}$	7.2a	710.7a	9.9a	3.59a	46.45a	105.5a
			Phosphorus fertilizer کود فسفر			
P_0	6.6b	397.8c	6.7c	3.1b	33.41b	103.3a
P60 (kg ha^{-1})	7.4a	587.2b	10.0b	3.8a	38.95a	104a
P120 (kg ha^{-1})	7.3a	606.1a	10.4a	3.6a	37.98a	102.2a
			Ecotype اکوتیپ			
Lalehzar	6.5b	608.3a	10.2a	3.43b	34.84b	86.1b
Shar-e-Kord	7.7a	452.4b	7.8b	3.66a	38.72a	120.8a

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل،که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

IR50%: Irrigation of 50% evaporation from class A evaporation pan. IR50%: آبیاری به میزان ۵۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A.

IR75%: Irrigation of 75% evaporation from class A evaporation pan. IR75%: آبیاری به میزان ۷۵ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A.

IR100%: Irrigation of 100% evaporation from class A evaporation pan. IR100%: آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A.

P0: No phosphorus fertilizer. P0: بدون کود فسفر.

P60: 60 kg ha^{-1} phosphorus fertilizer. P60: ۶۰ کیلوگرم در هکتارکود فسفر.

P120: 120 kg ha^{-1} phosphorus fertilizer. P120: ۱۲۰ کیلوگرم در هکتارکود فسفر.

یافته‌های اسمعیلیان (Esmaeilian, 2012) نشان داد که بیشترین تعداد نیام در بوته گیاه خلر مربوط به تیمار آبیاری ۷۵ درصد رطوبت از ظرفیت زراعی مزرعه و کمترین تعداد نیام در بوته به تیمار ۲۵ درصد رطوبت از ظرفیت زراعی مزرعه تعلق داشت. گوسمائو و همکاران (Gusmao *et al.*, 2012) گزارش کردند که محدودیت آب در طی رشد زایشی خلر، عملکرد دانه را کاهش داد ولی اندازه دانه تغییر نکرد اما تعداد نیام در خلر تحت تأثیر تنش خشکی کاهش پیدا کرد که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد.

به‌طورکلی می‌توان گفت از دلایل کاهش تعداد نیام (غلاف) در شرایط کمبود آب می‌تواند کاهش تشکیل گل و نیام و افزایش ریزش آنها در اوایل رشد زایشی باشد. همچنین کمبود آب در دسترس گیاه موجب کاهش اختصاص مواد فتوسنتزی به تشکیل و رشد نیام می شود و در نهایت تعداد نیام کاهش پیدا می‌کند و تغییرات این صفت بیشترین نقش را در تغییرات عملکرد دانه گیاه خلر دارد.

مقایسه میانگین ها نشان داد تعداد نیام در مترمربع با افزایش کود فسفر افزایش یافت. کمترین تعداد نیام در مترمربع از تیمار بدون کود (شاهد) و بیشترین تعداد نیام در مترمربع از تیمار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر به دست آمد و بین تیمارهای کودی تفاوت معنی‌دار مشهود بود (جدول ۶). یادآو و همکاران (Yadav *et al.*, 2018) گزارش کردند که با افزایش کود فسفر از ۵۰ درصد فسفر پیشنهادی بر اساس آزمون خاک به ۱۰۰ درصد، تعداد نیام‌ها در گیاه نخود افزایش پیدا کرد.

دو اکوتیپ خلر لاله‌زار و شهرکرد از نظر تعداد نیام در مترمربع تفاوت معنی‌دار داشتند. میانگین بیشترین تعداد نیام در مترمربع در اکوتیپ لاله‌زار و کمترین تعداد نیام در مترمربع در اکوتیپ شهرکرد مشاهده شد (جدول ۶). رضائیان و همکاران (Rezaeian, 2011) گزارش کردند که ارقام نخود از لحاظ تعداد نیام در بوته تفاوت معنی‌دار داشتند.

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد اثر کود فسفر، اکوتیپ و برهمکنش آنها بر تعداد دانه در نیام در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). اثر رژیم آبیاری بر تعداد دانه در نیام بین تیمارهای آبیاری در گیاه خلر تحت شرایط تنش شدید (آبیاری به میزان ۵۰٪ تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A)، ملایم (آبیاری به میزان ۷۵٪ تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و بدون تنش (آبیاری به میزان ۱۰۰٪ تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) در تعداد دانه در نیام تغییری مشاهده نشد (جدول ۶). رستگاری و همکاران (Rastegari *et al.,* 2017) در پژوهشی اثر دور آبیاری بر رشد رویشی و زایشی خلر و ماشک گل خوشه‌ای را بررسی و گزارش کردند در گیاه خلر تغییرات تعداد دانه در نیام با افزایش دور آبیاری معنی‌دار نبود.

تعداد دانه در نیام بین تیمارهای ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتارکود فسفر تفاوت معنی‌دار نبود، لکن بین دو سطح کودی ذکر شده با تیمار بدون کود تفاوت معنی‌دار بود (جدول ۶). فنایی و همکاران (Fanaei *et al.*, 2014) در بررسی اثر مقادیر مختلف کود فسفر بر عملکرد دانه، روغن و برخی صفات زراعی خردل هندی (*Brassica junceae* L.) تحت شرایط تنش خشکی گزارش کردند اثر فسفر بر تعداد دانه در خورجین معنی‌دار بود، به‌طوریکه در شرایط عدم مصرف فسفر نسبت به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم فسفر در هکتارکاهش تعداد دانه در خورجین ۲۳ درصد بود.

بین دو اکوتیپ خلر لاله‌زار و شهرکرد از نظر تعداد دانه در نیام تفاوت معنی‌دار وجود داشت. بیشترین تعداد دانه در نیام در اکوتیپ شهرکرد و کمترین تعداد دانه در نیام در اکوتیپ لاله‌زار به دست آمد (جدول ۶).

دانشیان و همکاران (Daneshian *et al.*, 2009) در پژوهشی بر روی خصوصیات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های سویا در شرایط تنش کم‌آبی گزارش کردند تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر معنی‌دار تنش خشکی قرار نگرفت ولی اثر ژنوتیپ بر این صفت معنی‌دار بود. آنها همچنین اظهار داشتند به نظر می‌رسد این صفت از پایداری بیشتری نسبت به سایر صفات وابسته به عملکرد برخوردار باشد، اما متفاوت بودن ویژگی‌های ژنتیکی ژنوتیپ‌ها بر این صفت تأثیر داشت.

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر آبیاری، کود فسفر، اکوتیپ و برهمکنش کود فسفر و اکوتیپ بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). میانگین ارتفاع بوته با افزایش میزان آب آبیاری افزایش یافت. کوتاه ترین ارتفاع بوته با ۲۳/۹۳ سانتی‌متر از تیمار آبیاری به میزان ۵۰ درصد تبخیر و بلندترین ارتفاع بوته با ۴۶/۴۵ سانتی‌متر از تیمار آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به دست آمد و بین تیمارهای آبیاری تفاوت معنی‌دار مشهود بود (جدول ۶).

ارتفاع گیاه در شرایط اعمال تنش خشکی در مراحل رویشی و گلدهی کاهش می‌یابد، زیرا کمبود آب سبب کاهش در اندازه سلول ها بواسطه کاهش تنظیمات سلولی و نهایتاً کاهش رشد بوته می‌شود. بازتاب عمدهٔ ناشی از تنش خشکی، کاهش نابرابر رشد شاخساره نسبت به رشد ریشه است. این پدیده به‌طور عمده، منجر به کاهش نسبت ساقه به ریشه می‌شود. نتایج این تحقیق با نتایج کانونی و همکاران (Kanouni *et al.*, 2002)، کومر و همکاران (Kumer *et al.*, 2004)، پتل و پتل (Patel and Patel, 2005)، گنجعلی و همکاران (Ganjali *et al.*, 2011) و رستگاری و همکاران (Rastegari *et al.*, 2017) که تأثیر منفی محدودیت آبی را بر کاهش ارتفاع بوته نخود و خلر گزارش کردند، مطابقت دارد. در میان خصوصیات مورفولوژیک، ارتفاع بوته خلر یکی از بارزترین

و در عـــین حـــال از مـــؤثرترین صـــفات مورفولوژیک در تعیین پایداری فیزیولوژیکی، سطح برگ و نهایتاً عملکرد علوفه گیاه است.

بلندترین ارتفاع بوته از سطوح کود فسفر ۶۰ و ۱۲۰ کیلـوگرم در هکتـار (بـدون تفـاوت معنی‌دار با یکدیگر) و کوتاه‌ترین ارتفاع بوتـه از سطح صفر کود فسفر (شاهد) به دست آمد که بین این سطح کود فسفر (شاهد) با تیمارهای کـود ۶۰ و ۱۲۰ کیلـوگرم در هکتـار تفـاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۶).

ارتفاع گیاه یکی از شاخص های مهم رشد گیاه است می‌باشد که تحت تأثیر روش های مدیریت زراعی بهبود می یابد و این افزایش رشد می‌تواند به علت نقش مفید فسفر و کودهای بیولوژی در باروری خاک و تقویت ریشه گیاه و رشد بیشتر اندام‌های رویشی گیاه باشد (Rezapoorian Ghahfarookhi *et al.,* 2018). فسفر به عنوان حامل انرژی ATP، در کلیه فعل‌وانفعالات شرکت کرده و در تقسیم سلولی و رشد سریع سلول‌های مریستمی دخالت دارد و سـبب افـزایش ارتفـاع بوتـه می‌شـود (Alami Milani *et al*., 2014).

فنایی و همکاران (Fanaei *et al*., 2014) گزارش کردند با مصرف کود فسفر ارتفاع بوته خردل از ۱۲۳ سانتیمتر در شرایط عدم کاربرد فسفر به ۱۳۰ سانتیمتر در تیمار مصرف ۱۵۰ کیلوگرم فسفر در هکتار افزایش یافت و پس از این سطح کودکاهش نشان داد و به نظر می‌رسد واکنش به سطح مشخصی از مصرف کود فسفر در خردل وجود دارد. همچنین بهینه بودن میزان فسفر در محیط ریشه سبب گسترش بیشتر آن می شود که این می‌تواند جذب بیشتر مواد غذایی و آب از لایه‌های پایینی خاک، رشد بیشتر اندام‌های هوایی، افزایش فتوسنتز و تولید ماده خشک را به دنبال داشته باشد که اثر آن در افزایش رشد و ارتفاع گیاه می باشد.

دو اکوتیپ خلر لاله‌زار و شهرکرد از نظر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌دار داشتند. بلندترین ارتفاع بوته مربوط به اکوتیپ شهرکرد و کوتاه ترین ارتفاع بوته را اکوتیپ لاله‌زار داشت (جدول ۶). مرسلی (Morsali, 2007) در پژوهشی عملکرد علوفه چهار اکوتیپ خلر تحت تأثیر تراکم و روش کاشت در زراعت دوگانه را بررسی و گزارش کرد ارتفاع بوته‌ها در اکوتیپ‌های مختلف تفاوت زیادی با هم داشتند. چنانچه مشاهدات مزرعه‌ای از برتری معنی دار اکوتیپ شهرکرد و مشهد نسبت به سایر اکوتیپ‌ها حکایت داشت.

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که تفاوت وزن هزار دانه اکوتیپ های خلر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). اثر میزان آب آبیاری بر وزن هزار دانه معنی دار نبود و در هر سه تیمار آبیاری (تنش شدید، ملایم و بدون تنش) در وزن هزار دانه تغییری مشاهده نشد (جدول ۶). گوسمائو و همکاران (Gusmao *et al.*, 2012) گزارش کردند محدودیت آب در طی رشد زایشی خلر، عملکرد دانه را کاهش داد اما اندازه دانه تغییر

نکرد. امیدی (Omidi, 2008) نیز گزارش کرد که وزن هزار دانه گلرنگ تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری مختلف قرار نگرفت شاید به این دلیل که وزن هزار دانه کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد و بیشتر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی است.

بیشترین وزن هزار دانه (۱۲۰/۸ گرم) مربوط به اکوتیپ شهرکرد و کمترین وزن هزار دانه (۸۶/۱ گرم) متعلق به اکوتیپ لاله‌زار بود. (جدول ۶). محدودیت آب در مرحله رشد زایشی خلر، عملکرد دانه خلر را بیشتر از وزن و اندازه دانه‌ها تحت تأثیر قرار داد (Gusmao *et al.,* 2012). بلدی (Baladi, 2015) در پژوهشی اثر روش‌های کاربرد کود فسفر بر عملکرد و کارایی مصرف فسفر در دو رقم کلزا در شرایط تنش خشکی آخر فصل رشد را بررسی و گزارش کرد که تفاوت دو رقم از نظر وزن هزار دانه معنی‌دار بود. همچنین انجم شعاع و همکاران (Anjamshoaa *et al.*, 2011) در بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و تحمل به خشکی چهار رقم نخود گزارش کردند که اثر رقم بر وزن ۱۰۰ دانه معنی‌دار شد.

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد اثر رژیم آبیاری، کود فسفر، اکوتیپ‌های خلر و برهمکنش آنها در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود (جدول ۵). نتایج نشان داد که در هر دو سال بیشترین عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری به میزان ۷۵ و ۱۰۰٪ تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و توام با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل در هکتار از اکوتیپ لاله‌زار به دست آمد (جدول ۷). همچنین بیشترین عملکرد دانه در اکوتیپ شهرکرد بدون تفاوت معنی‌دار با اکوتیپ لاله‌زار در تیمارهای آبیاری به میزان ۷۵٪ و ۱۰۰٪ تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A توأم با مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل به دست آمد (جدول ۷).

در این آزمایش بیشترین میانگین عملکرد دانه خلر در اکوتیپ شهرکردی و از تیمار آبیاری به میزان ۷۵٪ تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و با مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل به میزان ۲۴۰۱ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه از تیمار عدم مصرف کود فسفر و در شرایط آبیاری به میزان ۵۰٪ تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به میزان ۴۰۱ کیلوگرم در هکتار از اکوتیپ شهرکرد به دست آمد (جدول ۷).

سرکار و همکاران (Sarkar *et al.*, 2017) گزارش کردند که با افزایش میزان مصرف کود فسفر از صفر به ۷۵ کیلوگرم در هکتار عملکرد محصول دانه باقلا از ۳/۳ به ۵/۳ تن در هکتار افزایش داشت. ژنگ و همکاران (Zheng *et al.*, 2010) نشان دادندکه عملکرد سویا تحت شرایط تنش خشکی با افزایش کاربرد کود فسفر تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به طور معنی دار افزایش یافت. در شرایط تنش

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری × کود فسفر × اکوتیپ بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و بهره وری مصرف فسفر خلر

Table7. Mean comparison of irrigation regime ×phosphorus fertilizer × ecotype interaction effect on seed yield and forage yield of grasspea

تیمار Treatment	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Bioligical yield (kg/ ha^{-1})	بهره‌وری مصرف فسفر (کیلوگرم دانه در کیلوگرم) PFPp (kg seed kg p^{-1})
		Lalehzar ecotype اکوتیپ لاله زار	
$P_0 \times IR_{50\%}$	547.0e	1068.0i	0.00i
$P_{60} \times IR_{50\%}$	566.0e	1181.0i	9.10f
$P_{120} \times IR_{50\%}$	769.3d	1451.0h	6.38c
$P_0 \times IR_{75\%}$	1353.0c	2972.0g	0.00i
$P_{60} \times IR_{75\%}$	1741.0b	3730.0de	28.95b
$P_{120} \times IR_{75\%}$	2291.0a	4821.0c	19.03c
$P_0 \times I_{100\%}$	1372.0c	3397.0e	0.00i
$P_{60} \times IR_{100\%}$	1721.0b	3707.0de	28.63b
$P_{120} \times IR_{100\%}$	2425.0a	5170.0b	20.15c
		Shahr-e- Kord ecotype اکوتیپ شهرکرد	
$P_0 \times IR_{50\%}$	401.0e	863.0i	0.00i
$P_{60} \times IR_{50\%}$	774.0d	1537.0h	12.87e
$P_{120} \times IR_{50\%}$	503.0e	1075.0i	4.13h
$P_0 \times IR_{75\%}$	1275.0c	3327.0fg	0.00i
$P_{60} \times IR_{75\%}$	2401.0a	5612.0a	39.98a
$P_{120} \times IR_{75\%}$	1679.0b	3934.0d	13.95de
$P_0 \times I_{100\%}$	1238.0c	3315.0fg	0.00i
$P_{60} \times IR_{100\%}$	2389.0a	5666.0a	39.78a
$P_{120} \times IR_{100\%}$	1814.0b	4681.0c	15.08d

میانگین‌هایی، در هر ستون،که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

IR50%: آبیاری به میزان ۵۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A.
IR75%: آبیاری به میزان ۷۵ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A.
IR100%: آبیاری به میزان ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A.
P0: بدون کود فسفر.
P60: ۶۰ کیلوگرم در هکتارکود فسفر.
P120: ۱۲۰ کیلوگرم در هکتارکود فسفر.

IR50%: Irrigation of 50% evaporation from class A evaporation pan.
IR75%: Irrigation of 75% evaporation from class A evaporation pan.
IR100%: Irrigation of 100% evaporation from class A evaporation pan.
P0: No phosphorus fertilizer.
P60: 60 kg ha^{-1} phosphorus fertilizer.
P120: 120 kg ha^{-1} phosphorus fertilizer.

خشکی کاهش میزان فتوسنتز بـه دلیـل افـزایش رادیکـال هـای آزاد در گیـاه و تخریـب سـامانه فتوسنتزی اسـت (Liu *et al*., 2015; Mouradi *et al*., 2016; Zegaoui *et al*., 2017).

کاهش عملکرد دانه تحت تأثیر تیمار آبیـاری به میزان ۵۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کـلاس A قابـل پیش‌بینـی بـود بـه نظـر می‌رسـد کـاهش عملکرد دانه تحت شرایط تـنش خشـکی در ایـن پـژوهش ناشـی از تغییـرات تعـداد نیـام در واحـد سطح و ارتفاع بوته بود تا وزن هزار دانه و تعـداد

دانه در نیام بود، زیرا از با ثبات‌ترین اجزای عملکرد دانه گیاه خلر (در شرایط تنش خشکی) وزن هزار دانه و تعداد دانه در نیام بود که در این پژوهش کاهش معنی‌دار در آنها مشاهده نشد. یادآو و همکاران (Yadav *et al.*, 2018) در یک آزمایش مزرعه‌ای بر روی نخود و بامیه اثر قارچ میکوریزا و سطوح مختلف کود سوپر فسفات ساده و رژیم‌های آبیاری را مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که با افزایش میزان کود فسفردار از ۵۰ درصد به ۱۰۰ درصد عملکرد دانه نخود به میزان ۱/۲ تا ۲/۲ تن در هکتار افزایش یافت.

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر رژیم × آبیاری، کود فسفر، اکوتیپ و برهمکنش آنها بر عملکرد بیولوژیک در سطوح احتمال یک معنی‌دار بود (جدول ۵). اثر متقابل رژیم آبیاری کود فسفر × اکوتیپ بر عملکرد بیولوژیک در گیاه خلر در منطقه لاله‌زار کرمان نشان داد اثر کاهنده تنش خشکی (آبیاری به میزان ۵۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) به ویژه در تیمارهای بدون کود در هر دو اکوتیپ مشهود بود. بیشترین عملکرد بیولوژیک (۵۶۱۲ کیلوگرم در هکتار) از تیمارهای آبیاری به میزان ۷۵ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و با مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر در هکتار از اکوتیپ شهرکرد بدست آمد و کمترین عملکرد بیولوژیک (۸۶۳ کیلو گرم در هکتار) از تیمار صفر کودی با تنش شدید خشکی (آبیاری به میزان ۵۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) به دست آمد (جدول ۷).

حیدری شریف‌آباد (Heydari Sharifabad, 2018) بیان کرد در شرایط خشک جذب عناصر غذایی درصورتی که آبیاری تکمیلی امکان‌پذیر نباشد کاهش می‌یابد. رستگاری و همکاران (Rastegari *et al.*, 2017) گزارش کردند با افزایش تنش خشکی عملکرد گیاه خلر کاهش یافت، درحالی که تنش خشکی ملایم کاهشی در عملکرد بیولوژیک گیاه خلر ایجاد نکرد. نتایج آنها با یافته های این پژوهش همخوانی دارد که تنش ملایم رطوبتی با مصرف کود فسفر عملکرد بیولوژیک گیاه خلر را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد اما با افزایش تنش خشکی جذب آب و عناصر غذایی کاهش‌یافته و در نهایت کاهش توانایی گیاه در تولید مواد فتوسنتزی باعث کاهش وزن اندام‌های هوایی می‌شود.

کاربرد کود فسفر در هر یک از رژیم‌های آبیاری باعث افزایش بهره‌وری مصرف فسفر شد (جدول ۷). بیشترین بهره‌وری مصرف فسفر به اکوتیپ شهرکرد در تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ درصد تبخیر آبیاری و با مصرف ۶۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار تعلق داشت و کمترین بهره‌وری مصرف فسفر مربوط به اکوتیپ شهرکرد در تیمار کودی ۱۲۰ کیلوگرم فسفر در هکتار با تنش شدید خشکی (آبیاری به میزان ۵۰ درصد تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) بود (جدول ۷). در یک پژوهش مزرعه‌ای، برای

بررسی شاخص‌های رشد و انواع کارایی فسفر بر روی نخود و بامیه در پالامپور هند گزارش شده است که در سطوح پایین تر کاربرد کود فسفر بالاترین بهره‌وری مصرف فسفر حاصل شد (Kumar *et al.*, 2015) که با نتایج این پژوهش تا حدودی موافقت دارد.

بنابراین کشت خلر اکوتیپ شهر کرد در منطقه لاله زار کرمان می تواند از نظر صرفه جویی در مصرف آب آبیاری و مدیریت مصرف کود فسفر بر اکوتیپ لاله زار برتر باشد.

سپاسگزاری

نگارندگان از مدیریت محترم بخش تحقیقات آب‌وخاک و کارکنان محترم مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان که ما را در انجام این پژوهش یاری دادند، سپاسگزاری می کنند.

References

Alami Milani, M., Amini, R., and Bandehagh, A. 2014. Effect of bio-fertilizers and in combination with chemical fertilizers on grain yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Special Issue of Agricultural Science and Sustainable Production 24 (4): 15-29 (in Persian).

Amoghaei, A. R., Mostajeran, A., and Emtiazi, G. 2003. Effect of Azospirillum inoculation on some growth parameters and yield of three wheat cultivars. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 7 (2): 127-138 (in Persian).

Anjamshoaa, S., Moeinrad, H., and Ebrahimi, H. 2011. The effects of different irrigation levels on grain yield and yield components of four chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) in Mashhad climatic conditions. Iranian Journal of Pulses Research 2 (2): 69-82 (in Persian).

Baladi, R. 2015. Effect of phosphorus application methods on yield and phosphorus use efficiency of two rapeseed cultivars under drought stress in the end of growth season. M. Sc. thesis. Shiraz University. Iran. 124 pp. (in Persian).

Barber, S. A. 1997. Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach. 2nd Edition. John Willey and Sons, New York. 384 pp.

Boukecha, D., Laouare, M., Mekliche Hanif, L., and Harek, D. 2017. Drought tolerance in some population of grasspea (*Lathyrus sativus* L.). Legume Research-An International Journal 41 (1): 12-19.

Campbell, C. G. 1997. Grasspea (*Lathyrus sativus L.*). Institute of Plant Genetics and

Crop Plant Research (IPK), Gatersleben, Germany, and International Plant Genetic Resources Institute IPGRI), Rome, Italy. 92 pp.

Choudhary, A. K., Pandey, P., and Sendi Kumar, M. 2016. Tailored response to simultaneous drought stress and pathogen infection in plants. Drought Stress Tolerance in Plants 1 (10): 427- 438.

Daneshian, J., Hadi, H., and Jenoubi, P. 2009. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of soybean genotypes under drought stress conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 11 (4): 409-392.

Dobermann, Achim, R. 2005. Nitrogen use efficiency-state of the art. Agronomy and Horticulture-Faculty Publications. University of Nebraska-Lincoln, USA. 17 pp.

Duke, J.A. 1981. Handbook of legumes of world economic importance Plenum Press. New York. 265 pp.

Esmaeilian, B. 2012. Interaction of irrigation regimes and salinity stress on yield and yield components of grasspea (*lathyrus sativus L.*). M. Sc. thesis. Birjand University, Iran. 124 pp. (in Persian).

Esmaeilian, K. S. 2019. Agronomy. Payam-e-Noor University Publications. 367 pp. (in Persian).

Fanaei, H. R., Piree, E., and Naroueirad, M. R. 2014. Assessing the effect of different rates of phosphorous fertilizer on grain and oil yield and some agronomic traits of Indian mustard (*Brassica junceae* L.) under drought stress. Iranian Journal of Environmental Stresses in Crop Science 6 (2): 147-157 (in Persian).

Fathi, A., and Tari, D. B. 2016. Effect of drought stress and its mechanism in plants. International Journal of Life Sciences 10 (1): 1-6.

Ganjeali, A., Parsa, H., and Bagheri, A. 2011. Response of yield and morpho-physiological characteristics of earliness chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 2 (1): 65-80.

Gupta, S. N., Dahiya, B. S., Malik, B. P. S., and Bishnoi, N. R. 1995. Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to water deficits and drought stress. Haryana Agriculture University Journal of Research 25 (1): 11-19.

Gusmao, M., Siddique, K., Flower, K., H. Nesbitt., and Veneklaas, E. 2012. Water deficit during the reproductive period of grasspea (*Lathyrus sativus L.*) reduced grin yield but maintained seed size. Journal of Agronomy and Crop Science 198 (6): 430-441.

Haghparast, M., and Maleki Farahani, S. 2013. Effect of water deficit irrigation and natural products on vegetative characteristics of different chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties. Iranian Journal of Pulses Research 4 (2): 77-86 (in Persian).

Heydari Sharifabad H. 2018. Plant growth and development. 1st Edition. Karaj Andisheh Publications. 147 pp. (in Persian).

Irmak, S., D. Haman, and Jones, J. 2002. Evaluation of class A pan coefficients for estimating reference evapotranspiration in humid location. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 128 (3): 153-159.

Kanouni, H., Kazemi Arbat, H., Moghadam, M., and Nayshaboori, M. R. 2002. Selection of chickpea (*Cicer arietinum* L.) entries for resistance to drought. Journal of Agricultural Science (University of Tabriz) 12 (2): 109-121 (in Persian).

Kumar, A., Choudhary A. K., and Suri, V. K. 2015. Influence of AM–fungi and applied phosphorus on growth indices production efficiency, phosphorus–use efficiency and fruit–succulence in okra (*Abelmoschus esculentus* L.)-pea (*Pisum sativum* L.) cropping system in an acid Alfisol. Indian Journal of Agricultural Sciences 85 (8): 1030–7.

Kumer, J., Dhiman, N., Yadav, S. S., Berger, J., Neil, C., Turner, S., and Dhirendra, S. 2004. Moisture stress studies in different chickpea types. Available at web site http://www.cropscience.org.au.

Liu, C., Yang, Z., Hu., and Y. G. 2015. Drought resistance of wheat alien chromosome addition lines evaluated by membership function value based on multiple traits and drought resistance index of grain yield. Field Crops Research 179 (2015): 103-112.

Morsali, A. 2007. Forage yield of four grasspea (*Lathyrus sativus* L.) ecotypes affected by plant density and planting method in double cropping system. M. Sc. thesis. Tarbiat Modares University. Iran. 140 pp. (in Persian).

Mosali, J., Desta, K., Teal, K. R., Freeman, K. W., Martin, K. L., Lawles, J., and Raun, W. R. 2006. Phosphorus uptake, and use efficiency. Journal of Plant Nutrition 4 (3): 12-24.

Mosavi, F., and Akhavan, S. 2007. Principles of irrigation. Kankash Publishers. 415 pp. (in Persian).

Mouradi, M., Bouizgaren, A., Farissi, M., Latrach, L., Qaddoury, A., and Ghoulam, C. 2016. Seed osmopriming improves plant growth, nodulation, chlorophyll fluorescence and nutrient uptake in alfalfa (*Medicago sativa* L.) rhizobia

symbiosis under drought stress. Science Horticulture 76 (3): 265-272.

Nandini Devi, K., Athokpam H. S., Lhungdim, J., Lenin Singh Kh., and Dorendro Singh, A. 2018. Response of grasspea (*Lathyrus sativus* L.) to row spacing and phosphorus levels under rainfed conditions of Manipur, India. Indian Journal of Agriculture Research Communication Center 38 (2): 131-134.

Omidi, A. H. 2008. Effect of drought stress at different growth stage on seed yield and some agro-physiological traits of three spring safflower cultivars. Seed and Plant Production Journal 2 (1):15-31 (in Persian).

Patel, R. A., and Patel, R. H. 2005. Response of chickpea (*Cicer arietinum*) to irrigation, farmyard manure and sulphur on a sandy clay loam soil. International Chickpea and Pigeonpea Newsletter 12: 22-24.

Rastegari, E., Madah Hoseini., Sh., and Azari, A. 2017. Effect of irrigation intervals on vegetative growth and grain yield of grasspea and hairy vetch. Journal of Crops Improvement 19 (1): 55-68. (in Persian).

Rezaeian Zadeh, A, Parsa, M., Ganjali, A., and Nezami, A. 2011. Response of yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to complementary irrigation at phenological stages. Journal of Water and Soil (Agricultural Science and Technology) 25 (5): 1080-1095 (in Persian).

Rezapoorian Ghahfarookhi, F., Galeshi, S., Zeinali, E., and Torabi, B. 2018. The effect of inoculation with growth promoting bacteria, mycorrhiza and phosphorus on yield and yield components of mungbean (*Vigna radiata* L.). Iranian Journal of Pulses Research 11 (1): 134-151.

Sabahi, H. 2006. Effect of integrated application of chemical and organic fertilizers on biological activity, soil physiochemical properties and canola yield in Zirab of Mazandran province in Iran. Ph. D. thesis. Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. 99 pp. (in Persian).

Sarkar, S., Sarkar, A., and Zaman, A. 2017. Effect of irrigation and phosphorus fertilization on growth, yield and nodulation of broad bean (*Vicia faba* L.). Indian Agricultural Research 51 (1): 69-73.

Taheri Oshtrinani, F., and Fathi, A. 2016. The impact of mycorrhiza and phosphorus along with the use of salicylic acid on maize seed yield. Journal of Crop Ecophysiology 10 (3): 657-668 (in Persian).

Yadav, A., Suri, V.K., Kumar, A., and Choudhary, A. K. 2018. Effect of AM fungi

and phosphorus fertilization on P-use efficiency, nutrient acquisition and root morphology in pea (*Pisum sativum* L.) in an acid Alfisol. Journal of Plant Nutrition 41 (6): 689-701.

Zegaoui, Z., Planchais, S., Cabassa, C., Djebbar, R., Belbachir, O. A., and Carol, P. 2017. Variation in relative water content, proline accumulation and stress gene expression in two cowpea landraces under drought. Australian Journal of Plant Physiology 218 (11): 26-34.

Zheng, H., Chen, L., Han, X., Ma, Y., and Zhao, X. 2010. Effectiveness of phosphorus application in improving regional soybean yields under drought stress. African Journal of Agricultural Research 5 (23): 3251-3258.